

IFW

DOCKET NO.: TIC-0054

PATENT



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In Re Application of:

Masahiro Kawaguchi

Application No.: 10/737,378

Filed: 12/16/03

For: **CONTROLLER OF VACUUM PUMP**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Confirmation No.: 5862

Group Art Unit: Not yet assigned

Examiner: Not yet assigned

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT**

Applicant hereby claims priority based on Japanese Patent Application Number 2002-366856 filed December 18, 2002, referred to in the Declaration for the Original Application. A certified copy is submitted herewith. Please enter this claim for priority in the file of this application.

Respectfully submitted,

Date: September 23, 2004

A handwritten signature in cursive script, reading "Michael P. Dunnam".

Michael P. Dunnam  
Registration No. 32,611

Woodcock Washburn LLP  
One Liberty Place - 46th Floor  
Philadelphia PA 19103  
Telephone: (215) 568-3100  
Facsimile: (215) 568-3439

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日      2 0 0 2 年 1 2 月 1 8 日  
Date of Application:

出 願 番 号      特 願 2 0 0 2 - 3 6 6 8 5 6  
Application Number:

[ST. 10/C]:      [ J P 2 0 0 2 - 3 6 6 8 5 6 ]

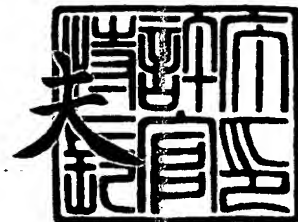
出 願 人      株式会社豊田自動織機  
Applicant(s):

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2 0 0 3 年 1 2 月 2 2 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康



【書類名】 特許願

【整理番号】 PY20021434

【提出日】 平成14年12月18日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 F04D 19/04

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県刈谷市豊田町 2 丁目 1 番地 株式会社 豊田自動  
織機 内

【氏名】 川口 真広

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県刈谷市豊田町 2 丁目 1 番地 株式会社 豊田自動  
織機 内

【氏名】 山本 真也

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県刈谷市豊田町 2 丁目 1 番地 株式会社 豊田自動  
織機 内

【氏名】 佐藤 大輔

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県刈谷市豊田町 2 丁目 1 番地 株式会社 豊田自動  
織機 内

【氏名】 越坂 亮介

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県刈谷市豊田町 2 丁目 1 番地 株式会社 豊田自動  
織機 内

【氏名】 藏本 覚

【特許出願人】

【識別番号】 000003218

【氏名又は名称】 株式会社 豊田自動織機

## 【代理人】

【識別番号】 100068755

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 恩田 博宣

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100105957

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 恩田 誠

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002956

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9721048

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 真空ポンプの制御装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 排気対象空間を所定の真空度とすべく排気を行うポンプ機構部と、該ポンプ機構部を駆動するための電動モータ部とを備えた真空ポンプにおいて、

前記真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量が急激に上昇変動したとき、電動モータ部の回転速度を下げる減速制御を行うことを特徴とする真空ポンプの制御装置。

【請求項 2】 前記真空ポンプの負荷トルクを、電動モータ部への供給電流値に基づいて算出する請求項 1 に記載の真空ポンプの制御装置。

【請求項 3】 前記真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量を、所定時間毎に繰り返し監視するとともに、この監視を、真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量が急激に上昇変動したと判断した後においても継続して行う請求項 1 又は 2 に記載の真空ポンプの制御装置。

【請求項 4】 前記真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量が所定値よりも大きいとき、真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量が急激に上昇変動したと判断し、前記減速制御を行う請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の真空ポンプの制御装置。

【請求項 5】 前記真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量の変化率が所定値よりも大きいとき、真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量が急激に上昇変動したと判断し、前記減速制御を行う請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の真空ポンプの制御装置。

【請求項 6】 前記真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量を所定の目標値に向けて低減すべく前記減速制御を行う請求項 4 又は 5 に記載の真空ポンプの制御装置。

【請求項 7】 前記真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量の変化率を所定の目標値に向けて低減すべく前記減速制御を行う請求項 5 に記載の真空ポンプの制御装置。

【請求項 8】 前記真空ポンプの負荷トルクが所定の上限値を超えないように電動モータ部の制御を行う請求項 1～7 のいずれかに記載の真空ポンプの制御装置。

【請求項 9】 前記電動モータ部を同期モータタイプ又は誘導モータタイプのブラシレスモータで構成した請求項 1～8 のいずれかに記載の真空ポンプの制御装置。

【請求項 10】 前記真空ポンプは、半導体製造装置においてプロセスチャンバに併設されたロードロックチャンバを排気対象空間とする請求項 1～9 のいずれかに記載の真空ポンプの制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、排気対象空間を所定の真空度とすべく排気を行うポンプ機構部と、該ポンプ機構部を駆動するための電動モータ部とを備えた真空ポンプの制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、ウェハ（基板）の成膜処理等を行うためのプロセスチャンバ（処理室）に対してロードロックチャンバ（ロードロック室）を併設したタイプの半導体製造装置が知られている（例えば、特許文献 1 参照）。

【0003】

この装置では、プロセスチャンバと半導体製造装置の外部との間でのウェハ交換が、このロードロックチャンバを経由して行われる。ロードロックチャンバには、該チャンバを所定の真空度とするための真空ポンプが、開閉バルブを介して接続されている。この開閉バルブは、外部からの操作等によってロードロックチャンバと真空ポンプとを圧力的に断接可能な構造とされている。

【0004】

前述のウェハ交換時におけるロードロックチャンバとプロセスチャンバとの間でのウェハのやりとりは、ロードロックチャンバが半導体製造装置の外部と圧力

的に遮断され且つ真空ポンプによって所定の真空度とされた状態で行われる。一方、ロードロックチャンバと半導体製造装置の外部との間でのウェハのやりとりは、ロードロックチャンバがプロセスチャンバと圧力的に遮断され且つ大気圧に戻された状態で行われる。

#### 【0005】

そして、ロードロックチャンバと半導体製造装置の外部との間でのウェハ交換作業が行われている最中に、ロードロックチャンバと圧力的に遮断されたプロセスチャンバにて成膜処理等を行うことで、半導体製造における作業能率の向上が図られる。

#### 【0006】

さて、大気圧状態にあるロードロックチャンバを再び所定の真空度に減圧する際には、開閉バルブを閉状態から開状態とすることでロードロックチャンバと真空ポンプとを連通させて排気を行うことになる。このとき、真空ポンプが駆動された状態で開閉バルブが閉状態から開状態に切替えられた場合には、真空ポンプ内が前述の所定の真空度から大気圧に急激に昇圧されることにより、真空ポンプの圧力負荷（排気に係る圧力負荷）が急増する。真空ポンプの駆動源として電動モータを用いた場合、この真空ポンプにおいては、前述の圧力負荷の急増に伴い、電動モータの出力トルク（即ち、真空ポンプの負荷トルク）が急増する。

#### 【0007】

このような場合、例えば、真空ポンプの負荷トルクが過大となることに起因して真空ポンプの構成部材が破損すること等を回避するために、真空ポンプの負荷トルクが所定の上限值を超えないように制御装置を用いて電動モータを制御することが考えられる。この制御態様として、例えば、図2（a）及び図2（b）のタイムチャートに示すものが挙げられる。図2（a）における線図91は、電動モータとして同期モータタイプのブラシレスモータを用いた場合の駆動周波数を示している。また、図2（b）における線図92は、同電動モータへの供給電流の電流値を示している。この電流値は、電動モータの出力トルク即ち真空ポンプの負荷トルクの大きさに相関する。

#### 【0008】

このタイムチャートに示すように、時点  $t_1$  において前述の開閉バルブの閉状態から開状態への切替えが行われると、これに基づく真空ポンプの圧力負荷の急増に伴い、電動モータへの供給電流の電流値が急増する（即ち真空ポンプの負荷トルクが急増する）。

#### 【0009】

制御装置は、時点  $t_2$  において電動モータの電流値が所定の上限值  $i_2$  に至ったと判断すると、電動モータの駆動周波数を、高速側（電動モータの回転速度における高速側）の駆動周波数  $f_{max}$  から低速側の駆動周波数  $f_{min}$  に向けて急減させる。この駆動周波数の減少により電動モータの回転速度が低下することで、真空ポンプの圧力負荷の増加が抑えられ、これに伴い電動モータの出力トルク即ち真空ポンプの負荷トルクが所定の上限值（供給電流の上限值  $i_2$  に対応するトルクの上限值）を上回らないように制限される。

#### 【0010】

##### 【特許文献1】

特開平9-306972号公報（第3頁、第1図）

#### 【0011】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら前述の制御態様では、真空ポンプの負荷トルクが過大となることに起因する真空ポンプの構成部材の破損を回避することはできたとしても、開閉バルブの閉状態から開状態への切替え時において負荷トルクの急増（急激な立ち上がり）が生じる。このとき、立ち上がりの開始時点  $t_1$  の前後で負荷トルクの増加速度に大きな差が生じる、即ち、負荷トルクの増加速度の急激な上昇変動が生じるとともに、該増加速度が大きい状態が、電動モータの電流値が所定の上限值  $i_2$  に至るまで継続される。即ち前述の制御態様では、真空ポンプの負荷トルクが過大となることを回避することはできたとしても、負荷トルクの増加速度の急激な上昇変動や、この上昇変動後において前記増加速度が大きい状態が継続されることにより真空ポンプの構成部材が大きな衝撃を受ける虞がある。これは、前記構成部材が破壊に至らしめられる原因となる。

#### 【0012】



そこで前記構成部材の破壊を避けるために、該構成部材を堅牢にするべく補強することなどが考えられるが、真空ポンプの大型化や重量化につながるという不都合がある。

#### 【0013】

本発明の目的は、真空ポンプの補強に伴う大型化や重量化を招くことなく前記真空ポンプの耐久性を向上させることができる真空ポンプの制御装置を提供することにある。

#### 【0014】

##### 【課題を解決するための手段】

上記の問題を解決するために、請求項1に記載の真空ポンプの制御装置は、前記真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量が急激に上昇変動したとき、電動モータ部の回転速度を下げる減速制御を行う。

#### 【0015】

例えば、真空ポンプが作動状態にあるときに排気対象空間に外気が導入されて該空間の圧力が急上昇した場合には、真空ポンプの圧力負荷（排気に係る圧力負荷）の増加に伴い、電動モータ部における出力トルク（即ち真空ポンプの負荷トルク）が立ち上がり傾向を示すこととなる。この場合、真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量（真空ポンプの負荷トルクの増加速度）が、例えば、ほぼゼロの状態から或る大きさを越えた状態に上昇変動する、即ち、真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量が急激に上昇変動することがある。

#### 【0016】

本発明の制御装置は、真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量が急激に上昇変動したとき、電動モータ部の回転速度を下げる減速制御を行う。これにより、例えば前述の負荷トルクの立ち上がり時において、真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量の急激な上昇変動や、この上昇変動後において真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量が大きい状態が継続されることにより真空ポンプの構成部材が受ける衝撃を小さくすることが可能になる。したがって、例えば耐衝撃性を向上させるために真空ポンプの構成部材を補強する必要がなくなり、この補強に伴う真空ポンプの大型化や重量化が防止される。

**【 0 0 1 7 】**

請求項 2 は請求項 1 において、前記真空ポンプの負荷トルクを、電動モータ部への供給電流値に基づいて算出する。

この発明によれば、真空ポンプの負荷トルクを検出するためにトルクセンサ等を特段に設ける必要がなくなる。したがって、コストダウンや構造の簡素化に寄与し得る。

**【 0 0 1 8 】**

請求項 3 は請求項 1 又は 2 において、前記真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量を、所定時間毎に繰り返し監視する。そして、この監視を、真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量が急激に上昇変動したと判断した後においても継続して行う。

**【 0 0 1 9 】**

この発明によれば、前記減速制御が開始された後においても、真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量の変動に応じて、電動モータ部の回転速度を適切に制御することができる。

**【 0 0 2 0 】**

請求項 4 は請求項 1 ～ 3 のいずれかにおいて、前記真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量が所定値よりも大きいとき、真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量が急激に上昇変動したと判断し、前記減速制御を行う。

**【 0 0 2 1 】**

この発明によれば、例えば、所定の時点における真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量と、前記所定の時点とは別の所定の時点での前記負荷トルク増加量との差に基づいて減速制御を行う態様と比較して、前述の差を算出するための処理を省略することが可能となる。即ち、制御装置における処理負担を軽減することが可能になる。

**【 0 0 2 2 】**

請求項 5 は請求項 1 ～ 3 のいずれかにおいて、前記真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量の変化率が所定値よりも大きいとき、真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量が急激に上昇変動したと判断し、前記減速制御を行

う。

#### 【 0 0 2 3 】

この発明によれば、例えば、真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量に基づいて減速制御を行う態様と比較して、真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量について、所定時間の間にどれだけの変化があったかがより正確に把握され得る。なお、ここでいう「真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量の変化率」は、真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量が、単位時間あたりにどれだけ変化したかを示すものである。

#### 【 0 0 2 4 】

請求項 6 は請求項 4 又は 5 において、前記真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量を所定の目標値に向けて低減すべく前記減速制御を行う。

この発明によれば、真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量が所定の目標値に向けて接近又は一致するように制御される。この制御により、真空ポンプの負荷トルクの立ち上がり時において、単位時間あたりの負荷トルク増加量の低減が図られる。

#### 【 0 0 2 5 】

請求項 7 は請求項 5 において、前記真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量の変化率を所定の目標値に向けて低減すべく前記減速制御を行う。

この発明によれば、真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量の変化率が所定の目標値に向けて接近又は一致するように制御される。したがって、真空ポンプの構成部材が受ける衝撃のうち、真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量の変化率に起因する衝撃を小さくすることが可能になる。

#### 【 0 0 2 6 】

請求項 8 は請求項 1 ～ 7 のいずれかにおいて、前記真空ポンプの負荷トルクが所定の上限値を超えないように電動モータ部の制御を行う。

この発明によれば、真空ポンプに作用する負荷トルクの最大値が制限されるため、過大な負荷トルクによる真空ポンプの構成部材の変形や破損等を回避することができる。

#### 【 0 0 2 7 】

請求項 9 は請求項 1 ～ 8 のいずれかにおいて、前記電動モータ部を同期モータタイプ又は誘導モータタイプのブラシレスモータで構成した。

この発明によれば、ブラシ付モータに比較して、電動モータ部を耐久性の高いものとするのが容易になる。また、真空ポンプに作用する負荷トルクの大きさに拘わらず、供給電流の駆動周波数を調節することで電動モータ部の回転速度を調節することができる。この場合、電動モータ部への供給電流の駆動周波数が電動モータ部の回転速度の低速側に変更（即ち減少）されることで、電動モータの回転速度が低下され、これに伴い、真空ポンプにおける圧力負荷が低減されて、真空ポンプの負荷トルクの増加速度が低下され得るようになる。

#### 【0028】

請求項 10 は請求項 1 ～ 9 のいずれかにおいて、前記真空ポンプは、半導体製造装置においてプロセスチャンバに併設されたロードロックチャンバを排気対象空間とする。

#### 【0029】

ロードロックチャンバは、例えば半導体製造装置を取り巻く大気圧空間とプロセスチャンバとの間でワークをやりとりする際の中継点となるチャンバであるため、ロードロックチャンバは所定の真空度から大気圧に昇圧されることが頻繁に行われる傾向がある。つまり、ロードロックチャンバの排気を行う真空ポンプにおいては、その圧力負荷（排気に係る圧力負荷）の急増に伴う負荷トルクの急増が頻繁に生じ得ることになる。したがって、このような態様において請求項 1 ～ 9 のいずれかの発明を具体化して、真空ポンプの耐久性の向上を図ることは、特に有効である。

#### 【0030】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明を半導体製造装置におけるロードロックチャンバの排気用の真空ポンプに用いた実施形態について説明する。

#### 【0031】

図 1 に示すように、半導体製造装置 11 において、プロセスチャンバ 12 はロードロックチャンバ 13 に併設されている。プロセスチャンバ 12 においては、

例えばウェハに対する真空蒸着処理やスパッタリング処理等の成膜処理が行われる。これらの処理は、図示しない排気手段を用いてプロセスチャンバ12を所定の真空度としたうえで行われる。

#### 【0032】

半導体製造装置11の外部空間（大気圧空間）とプロセスチャンバ12との間のウェハ交換は、ロードロックチャンバ13を介して行われる。即ち、両チャンバ12、13間には、前記ウェハ交換におけるウェハのやりとりを行うための経路が設けられ、この経路の途中には、両チャンバ12、13間を圧力的に断接可能なゲートバルブ14が設けられている。更に、半導体製造装置11には、ロードロックチャンバ13と半導体製造装置11の外部空間との間で前記ウェハ交換におけるウェハのやりとりを行うための経路が設けられ、この経路の途中には、ロードロックチャンバ13と前記外部空間とを圧力的に断接可能なゲートバルブ15が設けられている。

#### 【0033】

半導体製造装置11には、排気経路16を介して真空ポンプ20が接続されている。真空ポンプ20は、ロードロックチャンバ13を排気対象空間としている。排気経路16の途中には、外部からの操作等によってロードロックチャンバ13と真空ポンプ20とを圧力的に断接可能な開閉バルブ17が設けられている。

#### 【0034】

また、ロードロックチャンバ13は、外気導入経路18を介して半導体製造装置11の外部空間と連通されている。外気導入経路18の途中には、外部からの操作等によってロードロックチャンバ13と前記外部空間とを圧力的に断接可能な開閉バルブ19が設けられている。

#### 【0035】

真空ポンプ20は、ロードロックチャンバ13を所定の真空度とすべく該チャンバ13の排気を行うポンプ機構部21と、このポンプ機構部21を駆動するための電動モータ部22とを備えている。電動モータ部22は同期モータタイプのブラシレスモータ、具体的にはブラシレスDCモータからなっており、制御装置を構成するインバータ30からの給電により駆動されるようになっている。電動

モータ部 22 は、インバータ 30 からの供給電流における駆動周波数（回転速度指令値）が調節されることにより、その回転速度が調節されるようになっている。

#### 【0036】

なお本実施形態において、電動モータ部 22 は、インバータ 30 によって一定の電圧で駆動されるとともに、電動モータ部 22 への供給電流の電流値（供給電流値）は、電動モータ部 22 の出力トルク即ち真空ポンプ 20 の負荷トルクの大きさに相関する。

#### 【0037】

インバータ 30 は、コンピュータ類似の電子制御ユニットたる ECU 31、及び、電流検出器 32 を備えている。ECU 31 及び電流検出器 32 は、モータ制御手段を構成する。電流検出器 32 は、電動モータ部 22 への供給電流の電流値を検出し、この検出情報を ECU 31 に提供する。電流検出器 32 は、電動モータ部 22 への供給電流の電流値を検出する検出手段を構成する。ECU 31 は、電流検出器 32 から提供される検出情報に基づいて、電動モータ部 22 への供給電流における駆動周波数を調節する。

#### 【0038】

ECU 31 は、電流検出器 32 からの検出情報（電動モータ部 22 への供給電流値）に基づいて、電動モータ部 22 の出力トルク、即ち、真空ポンプ 20 の負荷トルクを算出する。さらに ECU 31 は、これに基づき、真空ポンプ 20 の単位時間あたりの負荷トルク増加量（以降、これを便宜上、真空ポンプ 20 の負荷トルクの増加速度という）を算出する。ECU 31 は、真空ポンプ 20 の負荷トルクの増加速度を、所定時間毎に繰り返し監視する。

#### 【0039】

そして ECU 31 は、真空ポンプ 20 の負荷トルクの増加速度が所定値よりも大きいと判断すると、真空ポンプ 20 の負荷トルクの増加速度に急激な上昇変動が発生したと判断する。この判断により ECU 31 は、真空ポンプ 20 の負荷トルクの増加速度を低減すべく電動モータ部 22 への供給電流における駆動周波数を低速側（電動モータ部 22 の回転速度における低速側）に変更、即ち、減少さ

せる（減速制御）。

【0040】

ECU31は、真空ポンプ20の負荷トルクの増加速度の監視を、真空ポンプ20の負荷トルクの増加速度が急激に上昇変動したと判断した後においても継続して行う。さらに具体的に言えば、本実施形態のECU31は、該ECU31が作動状態にある限り、前述の監視を継続的に繰り返し実行する。そしてECU31は、前述の監視により真空ポンプ20の負荷トルクの増加速度が急激に上昇変動したと判断した場合、前記減速制御を行うとともに、この制御により減少された前記駆動周波数を、次に増加速度が所定値よりも大きいかな否かを判断するタイミングまで維持する。

【0041】

また、ECU31は、真空ポンプ20の負荷トルクの増加速度が急激に上昇変動したと判断した場合において、前記減速制御を、該減速制御に優先する処理（例えば後述する、電動モータ部22への供給電流値が上限値i2を超えないようにすべく行われる調節処理）が行われない限り繰り返し実行する。

【0042】

次に、前述のように構成された真空ポンプ20の作用について、図2（a）及び図2（b）のタイムチャートを参照しながら説明する。図2（a）における線図51は、電動モータ部22への供給電流における駆動周波数を示している。また、図2（b）における線図52は、電動モータ部22への供給電流値を示している。

【0043】

プロセスチャンバ12とロードロックチャンバ13との間でのウェハのやりとりの作業は、真空ポンプ20によってロードロックチャンバ13がプロセスチャンバ12と同じ所定の真空度とされるとともに、ゲートバルブ14が開かれた状態で行われる。このとき、ゲートバルブ15及び開閉バルブ19は閉じられた状態となっている。

【0044】

また、ロードロックチャンバ13と半導体製造装置11の外部空間との間での

ウェハのやりとりの作業は、ゲートバルブ 1 4, 1 5 が閉じられた状態で開閉バルブ 1 9 が開かれ、ロードロックチャンバ 1 3 が前記外部空間と同様の圧力（大気圧）とされた状態でゲートバルブ 1 5 が開かれて行われる。このとき、開閉バルブ 1 7 は閉じられている。

#### 【 0 0 4 5 】

そして例えば、ロードロックチャンバ 1 3 にウェハを搬入した後に真空ポンプ 2 0 によってロードロックチャンバ 1 3 を所定の真空度とする際には、真空ポンプ 2 0 即ち電動モータ部 2 2 が駆動された状態で開閉バルブ 1 7 が開かれてロードロックチャンバ 1 3 の排気を開始される。図 2 ( a ) 及び図 2 ( b ) における時点  $t_1$  は、開閉バルブ 1 7 が開かれた時点を示しており、この時点までにおいて ECU 3 1 は、電動モータ部 2 2 を高速側（電動モータ部 2 2 の回転速度における高速側）の駆動周波数  $f_{max}$  にて駆動している。

#### 【 0 0 4 6 】

なお、時点  $t_1$  以前においては、開閉バルブ 1 7 が閉状態にあったことから真空ポンプ 2 0 の圧力負荷（排気に係る圧力負荷）がほぼゼロであり、電動モータ部 2 2 への供給電流は最小の電流値  $i_1$  で推移している。

#### 【 0 0 4 7 】

時点  $t_1$  において開閉バルブ 1 7 が開かれると、大気圧状態にあるロードロックチャンバ 1 3 内の気体がポンプ機構部 2 1 に急速に導入されることにより、真空ポンプ 2 0 の圧力負荷が急増する。これに伴い、電動モータ部 2 2 の出力トルク即ち真空ポンプ 2 0 の負荷トルクは立ち上がり傾向を示す。即ち、図 2 ( b ) において、電流値は時点  $t_1$  から立ち上がり傾向を示す。このとき、電流値の増加速度、即ち、真空ポンプ 2 0 の負荷トルクの増加速度はゼロ（時点  $t_1$  以前においては電流値  $i_1$  で推移していたため電流値の増加速度はゼロ）から、ゼロではない増加速度に上昇変動する。

#### 【 0 0 4 8 】

ECU 3 1 は、電流検出器 3 2 からの検出情報により、真空ポンプ 2 0 の負荷トルクの増加速度を算出し、この増加速度が所定値よりも大きいと判断すると、真空ポンプ 2 0 の負荷トルクの増加速度に急激な上昇変動が発生したと判断する



。この判断により ECU 3 1 は、負荷トルクの増加速度を所定の目標値（例えば図 2（b）に示す直線 6 1 に対応する負荷トルクの増加速度）に向けて低減すべく電動モータ部 2 2 の回転速度を下げる減速制御を行う。

#### 【0049】

このとき ECU 3 1 は、前記減速制御を繰り返し実行することで電動モータ部 2 2 への供給電流における駆動周波数を漸減させる。この漸減処理により、電動モータ部 2 2 の回転速度は徐々に低下される。即ち、駆動周波数は ECU 3 1 によって、時点  $t_1$  を起点として駆動周波数  $f_{max}$  から徐々に減少せしめられている。

#### 【0050】

この駆動周波数の減少により、電動モータ部 2 2 の回転速度が低下する。そしてこの回転速度の低下により、真空ポンプ 2 0 の圧力負荷の増加傾向が抑えられ、これに伴い真空ポンプ 2 0 の負荷トルクの増加速度が低減される。

#### 【0051】

また、ECU 3 1 は、電動モータ部 2 2 への供給電流の電流値が上限値  $i_2$  を超えないように駆動周波数を調節する。この調節処理は、前記減速制御に優先して行われる。つまり、ECU 3 1 は、電流値が所定の上限値  $i_2$  に至ったと判断すると、電動モータ部 2 2 の駆動周波数を、その時点（本実施形態では時点  $t_3$ ）での駆動周波数  $f_1$  から低速側の駆動周波数  $f_{min}$  に向けて急減させる。

#### 【0052】

この駆動周波数の急減に基づく電動モータ部 2 2 の回転速度の低下により、電動モータ部 2 2 の出力トルク即ち真空ポンプ 2 0 の負荷トルクは、その増加傾向が抑えられ、上限値  $i_2$  に対応する上限トルクを超えないように制限される。そして ECU 3 1 は、電流値が上限値  $i_2$  を超えない範囲で、高効率なロードロックチャンバ 1 3 の排気を実現するためにできるだけ高速な電動モータ部 2 2 の回転速度を維持すべく駆動周波数を増減調節する。

#### 【0053】

なお、前述の上限値  $i_2$  は、電動モータ部 2 2 の出力トルク即ち真空ポンプ 2 0 の負荷トルクが過大となることに起因して真空ポンプ 2 0 の構成部材が破損す

ること等を回避するために設定されたものである。

#### 【0054】

真空ポンプ20によってロードロックチャンバ13が減圧されることに伴い真空ポンプ20の圧力負荷が減少すると、ECU31は、電流値が上限値 $i_2$ を超えない範囲で電動モータ部22の回転速度をできるだけ高速とすべく、駆動周波数 $f_{max}$ に向けて駆動周波数を増加させる（時点 $t_4$ ～時点 $t_5$ の間）。このとき、本実施形態においては、駆動周波数が増加されているにも拘わらず真空ポンプ20の圧力負荷が減少していることに伴い、真空ポンプ20の負荷トルク（即ち電流値）は減少傾向を示している。

#### 【0055】

本実施形態では、以下のような効果を得ることができる。

(1) ECU31は、真空ポンプ20の負荷トルクの増加速度が急激に上昇変動したとき、電動モータ部22の回転速度を下げる減速制御を行う。これによれば、真空ポンプ20の負荷トルクの立ち上がり時の増加速度を低減することができる。したがって、真空ポンプ20の負荷トルクの増加速度の急激な上昇変動や、この上昇変動後において前記増加速度が大きい状態が継続されることにより真空ポンプ20の構成部材が受ける衝撃を小さくすることが可能になる。したがって、例えば耐衝撃性を向上させるために真空ポンプ20の構成部材を補強する必要がなくなり、この補強に伴う真空ポンプ20の大型化や重量化が防止される。

#### 【0056】

(2) ECU31は、真空ポンプ20の負荷トルクを、電動モータ部22への供給電流値に基づいて算出する。これによれば、真空ポンプ20の負荷トルクを検出するためにトルクセンサ等を特段に設ける必要がなくなる。したがって、コストダウンや構造の簡素化に寄与し得る。

#### 【0057】

(3) ECU31は、真空ポンプ20の負荷トルクの増加速度を、所定時間毎に繰り返し監視するとともに、この監視を、真空ポンプ20の負荷トルクの増加速度が急激に上昇変動したと判断した後においても継続して行う。これによれば、前記減速制御が開始された後においても、真空ポンプ20の負荷トルクの増加

速度の変動に応じて、電動モータ部 22 の回転速度を適切に制御することができる。

#### 【0058】

(4) ECU 31 は、真空ポンプ 20 の負荷トルクの増加速度が所定値よりも大きいとき、真空ポンプ 20 の負荷トルクの増加速度が急激に上昇変動したと判断し、前記減速制御を行う。これによれば、例えば、所定の時点における真空ポンプ 20 の負荷トルクの増加速度と、前記所定の時点とは別の所定の時点での前記増加速度との差（増加速度差）に基づいて減速制御を行う態様と比較して、前述の増加速度差を算出するための処理を省略することが可能となる。即ち、ECU 31 における処理負担を軽減することが可能になる。

#### 【0059】

図 2 (b) のタイムチャートにおいては、真空ポンプ 20 の負荷トルクの立ち上がり開始時点  $t_1$  以前における負荷トルクの増加速度の値が、真空ポンプ 20 の圧力負荷（排気に係る圧力負荷）がほぼ一定（ほぼゼロ）であるために一定の値（ゼロ）となっている。このような場合には例えば、時点  $t_1$  以前における真空ポンプ 20 の負荷トルクの増加速度の値をゼロ等の一定値に予め特定しておくことで、負荷トルクの増加速度が所定値よりも大きいかな否かを判断するのみで負荷トルクの増加速度が急激に上昇変動したかな否かを正確に判断することができる。したがってこの場合、前述の増加速度差の算出を行うことなく、真空ポンプ 20 の負荷トルクの増加速度が急激に上昇変動したかな否かを正確に判断することができる。

#### 【0060】

(5) ECU 31 は、真空ポンプ 20 の負荷トルクの増加速度を所定の目標値に向けて低減すべく前記減速制御を行う。これによれば、真空ポンプ 20 の負荷トルクの増加速度が所定の目標値に向けて接近又は一致するように制御される。この制御により、真空ポンプ 20 の負荷トルクの立ち上がり時の増加速度が、従来の増加速度よりも低減される。

#### 【0061】

(6) ECU 31 は、真空ポンプ 20 の負荷トルクが所定の上限値（供給電流

の上限値 i 2 に対応する負荷トルクの上限値) を超えないように電動モータ部 2 2 の制御を行う。これによれば、E C U 3 1 によって、真空ポンプ 2 0 に作用する負荷トルクの最大値が制限されるため、過大な負荷トルクによる真空ポンプ 2 0 の構成部材の変形や破損等を回避することができる。

#### 【0 0 6 2】

(7) E C U 3 1 による前記減速制御は、電動モータ部 2 2 への供給電流における駆動周波数を電動モータ部 2 2 の回転速度における低速側に変更することで行われる。これによれば、駆動周波数が低速側に変更されることで、電動モータ部 2 2 の回転速度が低下し、これに伴い、真空ポンプ 2 0 の圧力負荷が低下する。この圧力負荷の低下により、真空ポンプ 2 0 の負荷トルクの増加速度の低減が実現され得る。

#### 【0 0 6 3】

(8) 電動モータ部 2 2 を同期モータタイプのブラシレス D C モータで構成した。これによれば、ブラシ付モータに比較して、電動モータ部 2 2 を耐久性の高いものとするのが容易になる。また、真空ポンプ 2 0 に作用する負荷トルクの大きさに拘わらず、供給電流の駆動周波数を調節することで電動モータ部 2 2 の回転速度を調節することができる。

#### 【0 0 6 4】

(9) ロードロックチャンバ 1 3 は、半導体製造装置 1 1 を取り巻く大気圧空間とプロセスチャンバ 1 2 との間でワークをやりとりする際の中継点となるチャンバであるため、ロードロックチャンバ 1 3 は所定の真空度から大気圧に昇圧されることが頻繁に行われる傾向がある。つまり、ロードロックチャンバ 1 3 の排気を行う真空ポンプ 2 0 においては、その圧力負荷の急増に伴う負荷トルクの急増が頻繁に生じ得ることになる。したがって、このような態様において本実施形態のモータ制御手段を有するインバータ 3 0 を採用して真空ポンプ 2 0 の耐久性の向上を図ることは、特に有効である。

#### 【0 0 6 5】

なお、本発明の趣旨から逸脱しない範囲で例えば以下の態様でも実施できる。

○ 前記実施形態において、E C U 3 1 は、真空ポンプ 2 0 の負荷トルクの増

加速度が所定値よりも大きいと判断したとき、真空ポンプ 2 0 の負荷トルクの増加速度が急激に上昇変動したと判断し、電動モータ部 2 2 の回転速度を下げる減速制御を行うように構成された。これに代えて、E C U 3 1 は、真空ポンプ 2 0 の負荷トルクの増加速度について、その変化率、即ち、単位時間あたりの前記増加速度の変化量を算出し、この算出結果が所定値よりも大きいと判断したとき、前記減速制御を行うように構成されていてもよい。これによれば、真空ポンプ 2 0 の負荷トルクの時点  $t_1$  以前における増加速度が一定値でない場合においても、真空ポンプ 2 0 の負荷トルクの増加速度について、所定時間の間にどれだけの変化があったかが正確に把握され得る。

#### 【0 0 6 6】

この場合、E C U 3 1 は例えば、現時点での負荷トルクの増加速度と、現時点から所定時間だけ前の時点の負荷トルクの増加速度との差を算出する。E C U 3 1 は、現時点での負荷トルクの増加速度から、所定時間だけ前の時点の負荷トルクの増加速度を差し引いた算出結果（増加速度差）が、所定値よりも大きいと判断すると、真空ポンプ 2 0 の負荷トルクの増加速度に急激な上昇変動が発生したと判断する。この判断により E C U 3 1 は、真空ポンプ 2 0 の負荷トルクの増加速度を低減すべく前記減速制御を行う。

#### 【0 0 6 7】

○ 真空ポンプ 2 0 の負荷トルクの増加速度は、E C U 3 1 による駆動周波数の低減開始時（時点  $t_1$ ）から電動モータ部 2 2 の電流値が上限値  $i_2$  に至る時点までの間の全てにおいてリニアな増加傾向とされる必要はない。例えば、時点  $t_1$  からの負荷トルクの増加速度が従来のそれよりも低減されていれば、その後、電流値が上限値  $i_2$  に至るまでの間に、負荷トルクの増加速度が従来のそれよりも高速となるようにされてもよい。これによれば、例えば、真空ポンプ 2 0 の負荷トルクの立ち上がり開始直後の増加速度を低減しつつ、電流値が上限値  $i_2$  に至るまでの時間を従来よりも短くすることができる。

#### 【0 0 6 8】

○ E C U 3 1 は、真空ポンプ 2 0 の負荷トルクの増加速度の変化率（単位時間あたりの前記増加速度の変化量）を所定の目標値に向けて低減すべく前記減速

制御を行うように構成されていてもよい。この場合、例えば、図3（b）に示す曲線62に対応する負荷トルクの増加速度の変化率を前記所定の目標値とする。なお図3（a）は、この場合における電動モータ部22の駆動周波数を示すタイムチャートであり、図3（b）は、電動モータ部22における電流値を示すタイムチャートである。因みに図3（a）における線図91は、図2（a）同様、従来における電動モータの駆動周波数を示し、図3（b）における線図92は、図2（b）同様、従来における電動モータの電流値を示している。

#### 【0069】

これによれば、真空ポンプ20の負荷トルクの増加速度の変化率が所定の目標値に向けて接近又は一致するように制御される。この制御により、真空ポンプ20の負荷トルクの少なくとも立ち上がり開始時点の増加速度が、従来の増加速度よりも低減される。したがって、真空ポンプ20の構成部材が受ける衝撃のうち、真空ポンプ20の負荷トルクの増加速度の変化率に起因する衝撃を小さくすることが可能になる。

#### 【0070】

○ ECU31による真空ポンプ20の負荷トルクの増加速度の監視を、前記増加速度が急激に上昇変動したとECU31が判断した後（この判断直後であってもよく、この判断の終了時点から所定時間経過後であってもどちらでもよい。）に中止するようにしてもよい。これによれば、例えば、前記監視を、ECU31が作動状態にある限り継続的に繰り返し実行する場合と比較して、前記監視に関するECU31の処理負担を軽減することができる。

#### 【0071】

なおこの場合、ECU31によって前記減速制御の繰り返し回数（減速制御が繰り返し実行される回数）が制限されるようになっていてもよい。これによれば、真空ポンプ20の負荷トルクの立ち上がり時において真空ポンプ20の構成部材が受ける衝撃を小さくしつつ、例えば、電動モータ部22の回転速度を、真空ポンプ20の排気効率のよい、高い回転速度により早く戻すことが可能になる。

#### 【0072】

また、例えば電動モータ部22の駆動周波数に下限を設定するとともにこの下

限を下回ることがないように電動モータ部 22 を駆動するようにすれば、必ずしも前記減速制御の繰り返し回数に制限を設けなくともよい。

【0073】

○ 電動モータ部 22 の駆動周波数の低減時において、該駆動周波数を漸減させることなく駆動周波数  $f_{\max}$  から駆動周波数  $f_{\min}$  に向けて急減させるようにしてもよい。この場合であっても、真空ポンプ 20 の負荷トルクの立ち上がり時の増加速度を低減することは可能である。

【0074】

○ 電動モータ部 22 に対する供給電流の上限値  $i_2$  は設けられていなくてもよい。即ち、真空ポンプ 20 における負荷トルクの最大値の制限は行われなくてもよい。

【0075】

○ 例えば、真空ポンプ 20 の負荷トルクを検出するためのトルクセンサを設ける等して、前記負荷トルクを、電動モータ部 22 の供給電流値以外によって把握するようにしてもよい。

【0076】

○ 電動モータ部 22 を、ブラシレス DC モータ以外の同期モータタイプのブラシレスモータで構成してもよい。このモータとしては例えば、リラクタンス同期モータやステッピングモータ、インダクタ型同期モータ、パーマネントマグネット同期モータ、ヒステリシス同期モータなどがある。また、電動モータ部 22 を、誘導モータタイプのブラシレスモータで構成してもよい。前述以外のブラシレスモータで構成してもよい。また、ブラシ付モータ（例えば DC モータやユニバーサルモータ等）で構成してもよい。

【0077】

○ 電動モータ部 22 は、該電動モータ部 22 への供給電流における電圧値を調節することで電動モータ部 22 の回転速度を調節可能なタイプであってもよい。この場合、前記電圧値が回転速度指令値に相当する。

【0078】

○ 前記実施形態では、真空ポンプ 20 をロードロックチャンバ 13 用とした

が、プロセスチャンバ12用としてもよい。また、半導体製造装置11以外に用いてもよい。

#### 【0079】

○ 前記実施形態は、ロードロックチャンバ13が大気圧状態にある状態から開閉バルブ17が開かれた場合の電動モータ部22の制御を対象としたが、これに限定されない。例えば、電動モータ部22の起動時において真空ポンプ20の負荷トルクの増加速度を低減すべく電動モータ部の減速制御を行ってもよい。また、本発明においては、真空ポンプ20の負荷トルクの増加速度がゼロである状態からの立ち上がり時のみに限らず、ゼロより大きい増加速度からさらに大きい増加速度への上昇変動時において負荷トルクの増加速度を低減すべく電動モータ部22の減速制御を行うことも含まれる。

#### 【0080】

次に、前記実施形態から把握できる技術的思想について以下に記載する。

(1) 前記真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量を、所定時間毎に繰り返し監視するとともに、この監視を、真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量が急激に上昇変動したと判断した後に中止する請求項1又は2に記載の真空ポンプの制御装置。

#### 【0081】

(2) 前記減速制御の繰り返し回数は制限されている技術的思想(1)に記載の真空ポンプの制御装置。

(3) 排気対象空間を所定の真空度とすべく排気を行うポンプ機構部と、該ポンプ機構部を駆動するための電動モータ部とを備えた真空ポンプにおいて、前記真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量が急激に上昇変動したとき、電動モータ部の回転速度を下げる減速制御を行うことを特徴とする真空ポンプの制御方法。

#### 【0082】

#### 【発明の効果】

以上詳述したように、請求項1～10に記載の発明によれば、真空ポンプの補強に伴う大型化や重量化を招くことなく、前記真空ポンプの耐久性を向上させる



ことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 半導体製造装置及び真空ポンプの概略図。

【図 2】 (a) は、電動モータ部における駆動周波数を示すタイムチャート、(b) は、電動モータ部における電流値を示すタイムチャート。

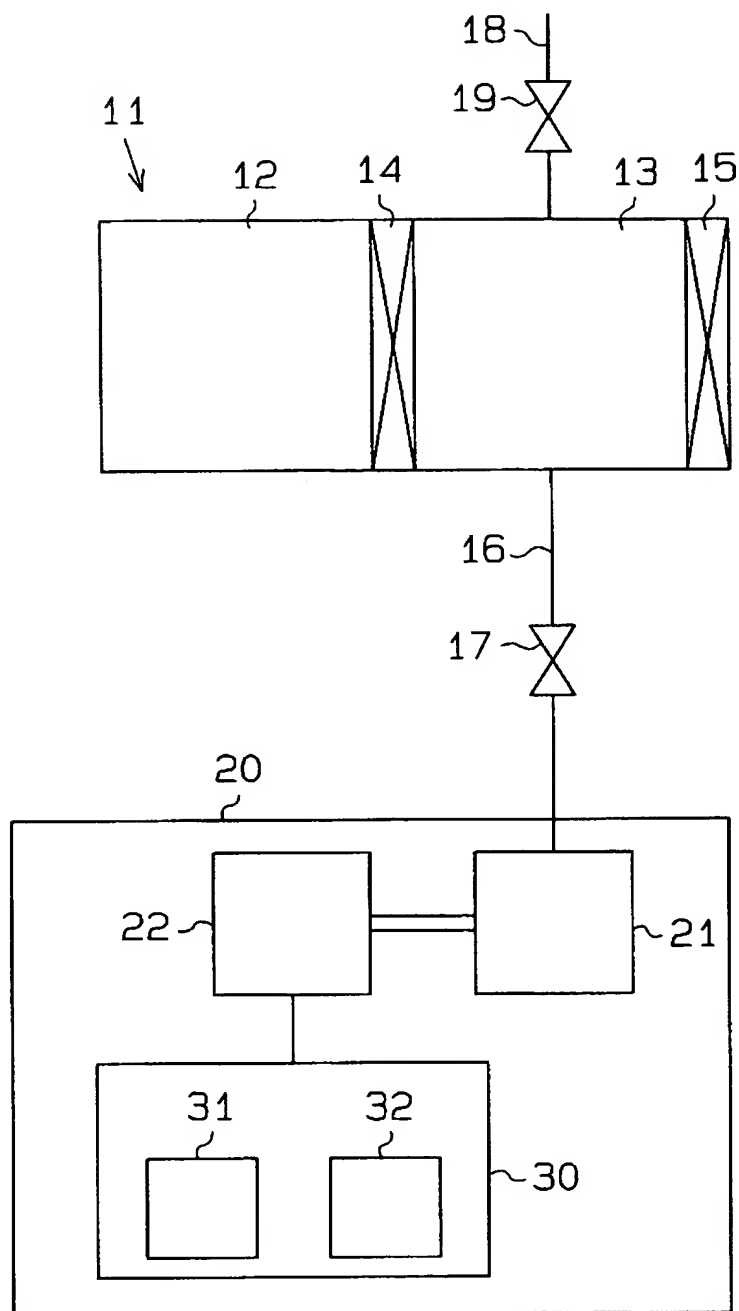
【図 3】 別例におけるタイムチャートであり、(a) は、電動モータ部における駆動周波数を示すタイムチャート、(b) は、電動モータ部における電流値を示すタイムチャート。

【符号の説明】

11…半導体製造装置、12…プロセスチャンバ、13…排気対象空間としてのロードロックチャンバ、20…真空ポンプ、21…ポンプ機構部、22…電動モータ部、30…制御装置としてのインバータ、31…ECU、32…電流検出器。

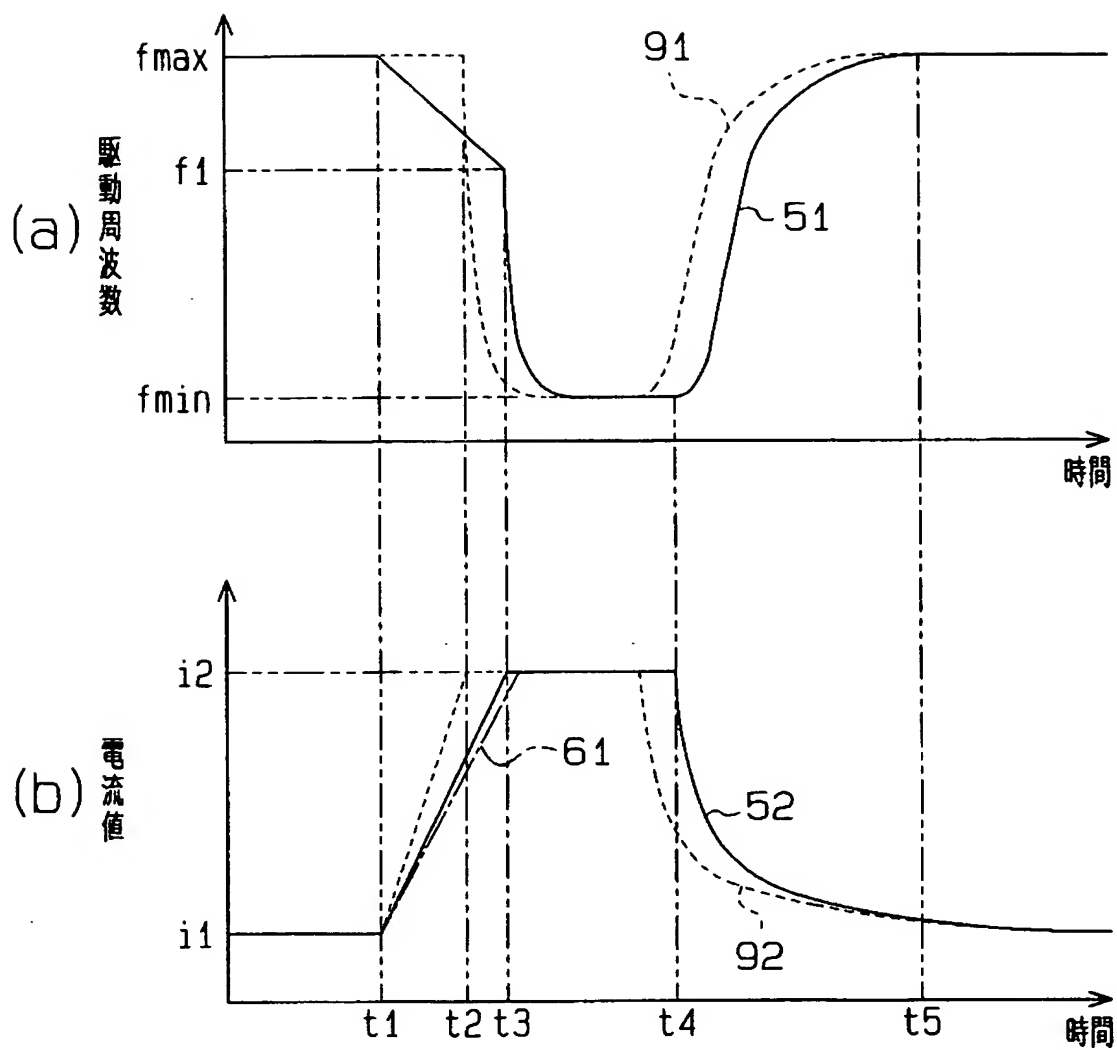
【書類名】 図面

【図 1】

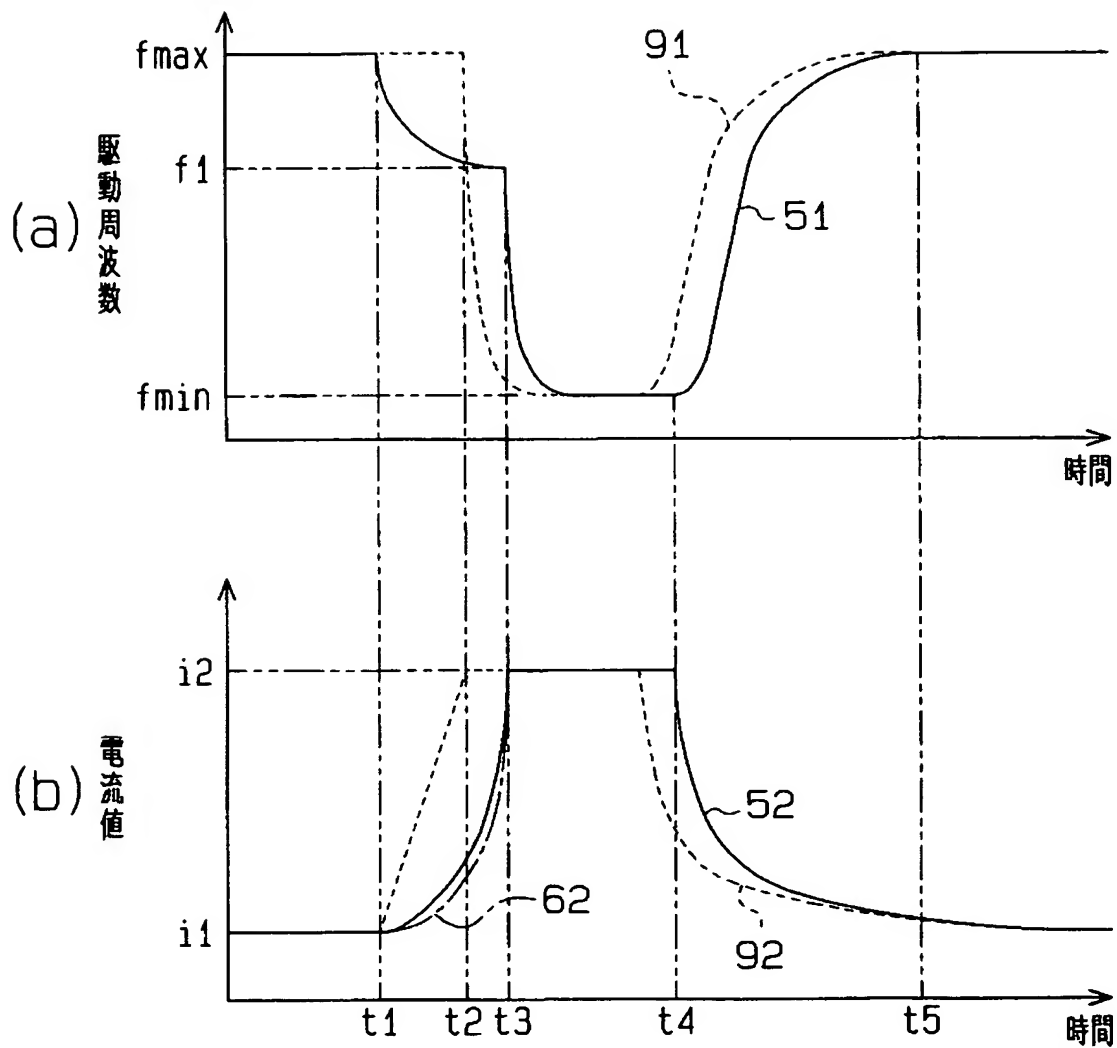


11-半導体製造装置、12-プロセスチャンバ、13-ロードロックチャンバ、  
20-真空ポンプ、21-ポンプ機構部、22-電動モータ部、30-インバータ、  
31-ECU、32-電流検出器

【図 2】



【図 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 真空ポンプの補強に伴う大型化や重量化を招くことなく前記真空ポンプの耐久性を向上させることができる真空ポンプの制御装置を提供する。

【解決手段】 真空ポンプ20は、ロードロックチャンバ13を所定の真空度とすべく排気を行うポンプ機構部21と、該ポンプ機構部21を駆動するための電動モータ部22と、該電動モータ部22への給電を行うインバータ30とを備えている。インバータ30を構成するECU31は、真空ポンプ20の単位時間あたりの負荷トルク増加量が急激に上昇変動したとき、電動モータ部22の回転速度を下げる減速制御を行う。

【選択図】 図1

特願 2002-366856

出願人履歴情報

識別番号

[000003218]

1. 変更年月日

2001年 8月 1日

[変更理由]

名称変更

住 所

愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地

氏 名

株式会社豊田自動織機